

Untersuchungen zur Keimung von *Eryngium campestre* L.

Investigations on germination of *Eryngium campestre* L.

TOBIAS JESSKE & DIETMAR BRANDES

Institut für Pflanzenbiologie
Technische Universität Braunschweig

Abstract

The germination of fruits of *Eryngium campestre* occurred without stratification with amounts between 60 % and 90 % depending on the origin. Fruits from the Botanical Gardens Göttingen (origin: Wetterau/Germany) germinated in a narrow temperature range between 10°C and 20°C at 60 %. They didn't germinate below 10°C, at 26 °C the germination rate was already diminished for more than half. It is interesting that *Eryngium campestre* germinates also in water at the same amounts.

Our experiments showed furthermore that *Eryngium campestre* has a relative high sensitivity against sodium chloride: already at concentrations of NaCl slightly higher than 0,1% the germination rate falls. The growth of cotyledons and radicles delayed with rising concentration of sodium chloride and their life span is shortened. These results allow at best a classification for ELLENBERG's salt number 1.

Experiments also showed a great sensitivity against nitrate: whilst the germination was slightly supported by 0,01 M KNO₃, the germination rate was affected by higher concentrations and the seedlings were injured. Fertilization experiments confirmed these results.

Eryngium campestre behaves like a (sub) ruderal plant, which grow in small gaps and at slightly disturbed places. Its germination rate was significant higher in a disturbed matrix than in undisturbed vegetation. Young plants survive the removal of the overground biomass, fragments of the roots can regenerate to new plants.

1. Einleitung

Eryngium campestre ist eine in Deutschland seltene Pflanzenart, die zumeist im Kontakt mit Trockenrasen unterschiedlicher Art auftritt. Sie steht unter besonderem gesetzlichen Schutz (Bundesartenschutzverordnung). Da sie an Elbe und Rhein zudem als Stromtalpflanze auftritt (OBERDORFER 2001, SIEDENTOPF 2005a), haben wir ihre Biologie in den vergangenen Jahren ausführlich untersucht. Diese Arbeit setzt unsere bisherigen Forschungen zur Ökologie von Stromtalpflanzen fort: bisher wurden *Rumex stenophyllus* (BRANDES 2000), *Cucubalus baccifer* (SIEDENTOPF & BRANDES 2001), *Leonurus marrubiastrum* (BRANDES et al. 2003), *Artemisia annua* (BRANDES & MÜLLER 2004), *Pseudolysimachion longifolium* (SIEDENTOPF 2005b), *Senecio paludosus* (SIEDENTOPF 2005b), *Senecio sarracenicus* (SIEDENTOPF 2005b) und *Xanthium albinum* (BRANDES & BELDE 2006) untersucht. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag auf der Keimungsbiologie von *Eryngium campestre*, wobei ergänzende Versuche zur Etablierung von Jungpflanzen sowie zur Reaktion auf mechanische Beschädigungen durchgeführt wurden.

2. Biologie von *Eryngium campestre*

Die Gattung *Eryngium* wird zur Familie der Apiaceen und innerhalb dieser zusammen mit den Gattungen *Astrantia* und *Sanicula* zur Unterfamilie Saniculoideae gestellt (FROHNE & JENSEN 1998, LEINS & ERBAR 2008). Von ROTHMALER (2008) wird die Anzahl von Arten innerhalb der Gattung mit 230 angegeben. Die Gattung *Eryngium* ist in allen Erdteilen vertreten, kann jedoch nicht als kosmopolitisch angesehen werden, da ihr Areal große Lücken aufweist (MEUSEL et al. 1978). Häufungszentren finden sich in Mexiko und dem südöstlichen Südamerika (Brasilien bis Argentinien) sowie altweltlich in Anatolien und im mediterranen Nordwestafrika. Dabei zeichnet sich eine Bevorzugung von Trocken- und Halbtrockengebieten der subtropisch-meridionalen und der subtropisch-austral Zone ab. In Eurasien konzentriert sich die Gattung auf das mediterran-orientalische Gebiet (MEUSEL et al. 1978).

Nach MEUSEL et al. (1978) hat der Formenkreis von *Eryngium campestre* sein Entfaltungszentrum im ostmediterran-orientalischen Gebiet. *Eryngium campestre* ist im mittleren und südlichen Europa von der Küste des Ärmelkanals bis zur mittleren Wolga verbreitet. Im Norden überschreitet das Areal kaum den 52. Breitengrad, im Osten erreicht es die Wolga im Raum Wolgograd-Saratov, im Südosten die Kaukasusregion sowie Anatolien, wo sich das Areal in kleine Exklaven auflöst. Im Südwesten wird Nordafrika gerade noch erreicht. In Mitteleuropa findet sich *Eryngium campestre* vor allem entlang der Stromsysteme von Rhein und Elbe, was eine nacheiszeitliche Einwanderung von Süden her nahelegt, sowie in den Trockengebieten. Die Art wird in die var. *campestre* und in die submediterrane var. *virens* gegliedert. *Eryngium campestre* ist eine ausdauernde, xeromorphe gebaute Halbrosettenpflanze, die sperrig verzweigt ist und eine Höhe von 20 bis 80 cm (bis 100 cm) erreichen kann (HAEUPLER & MUER 2007). Ihre Wurzel ist eine bis 2 m tief reichende Rübe (OBERDORFER 2001), die nach BRAUN-BLANQUET (1964) im südrussischen Tschernosem sogar Tiefen von 2,40 bis 2,60 m erreicht.



Abb. 1: *Eryngium campestre* auf der Ruine Arnstein (Sachsen-Anhalt).

Jungpflanzen haben langgestielte, ungeteilte und längliche Blätter. Die Grundblätter blühfähiger Pflanzen sind graugrün oder weißlich, langgestielt und in ihrem Umriss meist breit dreieckig. Sie sind steif, derbdornig und können 10 bis 25 cm lang und breit werden. Dabei sind sie dreizählig mit doppelt fiederspaltigen Abschnitten. Die Stängelblätter sind den Grundblättern ähnlich, aber in der Regel kurz gestängelt, während die oberen stängelumfassend sind. Über die Blattausdauer gibt es unterschiedliche Angaben. ROTHMALER (2005) und LANDOLT et al. (2010) stufen die Art als sommergrün ein, nach FRANK & KLOTZ (1990) ist die Art hingegen immergrün. Nach unseren Beobachtungen können zumindest Jungpflanzen grün überwintern.

Eryngium campestre blüht im Juli und August. Die Blüten stehen in fast kugeligen, reichblütigen Köpfen zusammen. Die Hüllblätter sind bis 4 cm lang, linealisch-lanzettlich bis pfriemlich und tragen einen stechenden Enddorn. Die Kelchblätter sind mit etwa 2 mm Länge doppelt so lang wie die Kronblätter, sie sind lanzettlich und laufen in einer dornigen Stachelspitze aus. Die Farbe der Krone ist weiß bis graugrün. Nach WEBERLING (1981) entspricht jedes Köpfchen einer Doppeldolde, deren Doldenstrahlen reduziert und deren Döldchen bis auf eine Blüte verarmt sind. Der Gesamtblütenstand bildet meist einen halbkugeligen Busch (HEGI 1965). Die Befruchtung der Blüten erfolgt durch Insekten (FRANK & KLOTZ 1990) wie z. B. Bienen, Schwebfliegen, Fliegen und Falter (ROTHMALER et al. 2005). Einer Selbstbefruchtung beugt die Art durch Proterandrie vor. Die Früchte sind stark beschuppt und - wie für Apiaceen typisch - Doppelachänen.

Die Ausbreitung der Früchte erfolgt durch den Wind. Die oberirdischen Teile sterben nach der Fruchtreife ab und trennen sich vom Wurzelstock. DÜLL & KUTZELNIGG (2005) haben dieses Ausbreitungsverhalten sehr anschaulich beschrieben: „Reif werden die Sprosse bei Windgeschwindigkeiten von mindestens 4 m/s an einer vorgegebenen Abbruchstelle am Wurzelhals abgerissen und dann als Ganzes fortgerollt, wobei die Früchte allmählich ausgestreut werden... Verhakeln sich mehrere Pflanzen, so entstehen ± große „Steppenhexen“, wie sie – oft meterhoch – besonders für osteuropäische Steppen charakteristisch sind“. *Eryngium campestre* zeigt damit als sogenannter Bodenroller (BONN & POSCHLOD 1998) bzw. Steppenläufer (HEGI 1965, OBERDORFER 2001, ROTHMALER et al. 2005) eine für Steppenpflanzen typische Ausbreitungsform. Ferner kann die Art zoochor durch Klettausbreitung ausgebreitet werden (HEGI 1965, OBERDORFER 2001). Angaben zur Lebensdauer der Samenbank scheinen zu fehlen; nach TÖRÖK et al. (2009) gehört *Eryngium campestre* zu den Arten, die bei Sandtrockenrasen in Ostungarn, die von Gänsen überweidet wurden, nur in der Vegetation, nicht aber in der Samenbank auftraten. Dieses würde auf eine transiente Samenbank hindeuten.

Cytotaxonomische Untersuchungen an verschiedenen Herkunftten von *Eryngium campestre* bestätigten das schon länger bekannte Vorkommen infraspezifischer Polyploidie (REESE 1969). Offensichtlich sind diploide ($2n = 14$) und tetraploide ($2n = 28$) wahllos über das Areal der Art zerstreut. Eine Unterscheidung der Chromosomenrassen ist im mikroskopischen Bereich über die Stomata-, Pollen- und Endospermgröße möglich, nicht aber durch makroskopisch erkennbare Merkmale (REESE 1969).

Eryngium campestre gilt als Kennart der Klasse Festuco-Brometea, geht aber nach eigenen Beobachtungen und Literaturangaben in seinem zönologischen Anschluss weit über diese Klasse hinaus (BRANDES & JESKE, in Vorb.)

3. Material und Methoden

2.1. Keimversuche

Für die Keimversuche wurden zwei unterschiedliche Saatgutchargen verwendet, die über den Samentausch aus dem Botanischen Garten Göttingen erhalten wurden. Die für die Versuche 3.1.1. und 3.1.2. verwendeten Früchte stammen ursprünglich aus einer Population in der Nähe von Butzbach-Griedel in der Wetterau (Hessen). Für die übrigen Keimversuche wurden Früchte verwendet, deren Lieferung aus dem Botanischer Garten Warschau erfolgte, deren ursprüngliche Herkunft aber nicht nachvollzogen werden kann. Der Tag/Nacht-Rhythmus im Klimaschrank und im Klimaraum war während der dort durchgeführten Versuche auf 16 h Tag und 8 h Nacht eingestellt.

3.1.1. Keimung bei unterschiedlichen Temperaturen

Das Keimverhalten von *Eryngium campestre* wurde bei 6 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 26 °C und 30 °C untersucht. Dazu wurden für jede Temperatur 200 Früchte getestet, die auf 20 Petrischalen á zehn Früchte aufgeteilt wurden. Jeweils 10 Früchte wurden in Petrischalen (Ø 9 cm) auf Rundfilter gelegt und mit 10 ml autoklaviertem Leitungswasser versehen. Die Ansätze, die bei 26 °C bzw. 30 °C standen, wurden zusätzlich mit Parafilm verschlossen, um ein Austrocknen der Früchte zu verhindern. Die Versuche bei 6 °C, 10 °C, 15 °C und 20 °C wurden im Klimaschrank, der 26 °C-Versuch in einer

Klimakammer und der 30° C-Versuch im Trockenschrank durchgeführt. Der Versuchszeitraum erstreckte sich über jeweils 45 Tage, wobei die Petrischalen dreimal wöchentlich kontrolliert wurden.

3.1.2. Keimung unter Wasser und Anlandung von Jungpflanzen

Zwölf 100 ml-Weithals-Erlenmeyerkolben wurden mit jeweils zehn *Eryngium*-Früchten bestückt und mit 75 ml autoklaviertem Leitungswasser befüllt. Zehn Kolben wurden bei Raumtemperatur aufgestellt und über dünne Schläuche mittels Druckluft belüftet. Als Kontrollansatz diente der 20 °C-Ansatz aus Versuch 3.1.1. Zwei weitere Erlenmeyerkolben wurden ebenfalls mit 75 ml H₂O versehen, mit je zehn Früchten bestückt und bei 20 °C in den Klimaschrank gestellt, um zu überprüfen, ob die Belüftung Einfluss auf das Keimverhalten hat. Die Dauer des Versuchs betrug 43 Tage, bei Bedarf wurde mit sterilem H₂O auf 75 ml aufgefüllt. Nach Beendigung des Keimversuches wurde mit 20 Keimlingen die Anlandung auf festem Substrat simuliert. Hierzu wurden je zehn Keimlinge aus dem vorhergehenden Versuch vorsichtig über zwei mit nasser Anzuchterde befüllte Blumentöpfe ausgegossen. Nachdem überschüssiges Wasser abgelaufen war, wurden die Töpfe mit Folie abgedeckt und in einen Klimaschrank gestellt.

3.1.3. Keimung unter Einfluss von Kochsalz

Je 100 Früchte wurden in drei unterschiedlich konzentrierten NaCl-Lösungen (0,1 %, 0,5 %, 1,0 %) zum Keimen ausgelegt. Hierzu wurden Petrischalen (Ø 9 cm) mit einem Rundfilter ausgelegt und mit jeweils zehn Früchten bestückt. Anschließend wurden 10 ml der jeweiligen Lösung dazugegeben und die Schalen für 36 Tage bei 15 °C im Klimaschrank aufgestellt. Als Kontrolle diente ein Ansatz, der mit sterilem Wasser angesetzt wurde und gleichzeitig auch als Kontrollansatz für Versuch 3.1.4. diente. Nach Beendigung des Keimversuches wurden am 36. Tag bei 50 Keimlingen aus jedem Ansatz (sofern vorhanden) die Keimblattlänge und Keimwurzellänge gemessen.

3.1.4. Keimung unter Einfluss von Kaliumnitrat

Früchte von *Eryngium campestre* wurden in fünf unterschiedlich konzentrierten KNO₃-Lösungen (0,01 M, 0,03 M, 0,05 M, 0,07 M, 0,1 M) zur Keimung gebracht. Pro Versuchsansatz wurden 100 Früchte zur Keimung ausgelegt. Dafür wurden je zehn Petrischalen (Ø 9 cm) mit Rundfiltern ausgelegt, jeweils mit 10 Früchten und 10 ml der entsprechenden KNO₃-Lösung beschickt. Die Schalen wurden für einen Zeitraum von 34 Tagen bei 15 °C im Klimaschrank aufgestellt. Um später Rückschlüsse auf mögliche osmotische Effekte ziehen zu können, wurde der osmotische Wert jeder Lösung mittels eines Osmometers bestimmt. Die Kontrollansätze wurden mit autoklaviertem H₂O angesetzt. Jeder Ansatz wurde einmal mit frisch hergestellter Lösung wiederholt, der Ansatz mit 0,03 M KNO₃-Lösung wurde insgesamt dreimal wiederholt. Nach Beendigung des Keimversuches wurde am 36. Tag bei 50 Keimlingen aus jedem Ansatz (sofern vorhanden) die Keimblattlänge und Keimwurzellänge gemessen. Ferner wurden 25 Keimlinge aus der Kontrolle in 0,1 M KNO₃-Lösung überführt und ihre Überlebensraten bonitiert.

Insgesamt 48 Keimlinge aus den Kontrollansätzen wurden nach Beendigung des Versuches in Töpfe (zu je 4 Keimlingen) mit Anzuchterde gepflanzt. Nach 5 Wochen wurden die zwölf Töpfe in sechs Gruppen mit jeweils acht Jungpflanzen aufgeteilt, die dann mit unterschiedlich konzentrierten KNO₃-Lösungen gegossen wurden. Die erste Düngung erfolgte mit 100 ml der entsprechenden Lösung pro Topf, nachfolgend wurde jeweils zweimal pro Woche mit 50 ml der entsprechenden Lösung gegossen.

3.1.5. Etablierung von Jungpflanzen

Um zu überprüfen, ob die Jungpflanzen, die aus den Keimversuchen mit unterschiedlichen NaCl- bzw. KNO₃-Konzentrationen erhalten wurden, in der Lage sind, sich auf Erde zu etablieren, wurden (soweit vorhanden) jeweils 20 Jungpflanzen pro Konzentration sowie 20 Jungpflanzen aus der Kontrolle in gedämpfte Anzuchterde verpflanzt. Die pikierten Sämlinge wurden bei Raumtemperatur in einem Zimmergewächshaus aufgestellt und die Jungpflanzen bei Bedarf mit Leitungswasser gegossen.

3.1.6. Einsaat in eine Rasenmatrix

Um zu testen, ob *Eryngium campestre* gestörte bzw. offene Stellen für die Keimung seiner Samen benötigt, wurden aus einer intakten gemähten Rasenmatrix mit einem Spaten zwei gleichgroße kreisrunde Stücke ausgestochen. Diese wurden in zwei Kunststoffschalen mit 25 cm Durchmesser überführt. In der ersten wurde die Matrix intakt belassen, in der zweiten wurde die Grasnarbe mit einem Messer aufgerissen, um Störstellen zu simulieren. Auf beide Rasenstücke wurden je 100 Früchte von *Eryngium campestre* gleichmäßig verteilt. Anschließend wurden die Schalen mit 200 ml Leitungswasser gewässert, mit Frischhaltefolie abgedeckt und in den Klimaschrank überführt. Dort standen sie für 56 Tage bei 15° C. Alle sieben Tage wurden die Schalen kontrolliert, die Anzahl der Keimlinge ausgezählt und bei Bedarf mit Leitungswasser gegossen.

3.1.7. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Keimversuche erfolgte mit dem Programm SPSS v. 13. Für jeden der Keimversuch wurde eine explorative Datenanalyse durchgeführt. Die Ähnlichkeit der einzelnen Ansätze eines Versuches zueinander wurde mit zwei Signifikanztests überprüft. Der Vergleich zweier unabhängiger Stichproben erfolgte mit dem U-Test nach MANN und WHITNEY. Er basiert auf einer gemeinsamen Rangreihe der Werte beider Stichproben. Bei Vergleichen von mehr als zwei unabhängigen Stichproben wurde der H-Test nach KRUSKAL und WALLIS angewandt. Dieser stellt eine Erweiterung des U-Tests dar (BÜHL & ZÖFEL 2002).

3.2. Ergänzende Versuche zur Reaktion auf mechanische Beschädigungen

3.2.1. Abschneiden von Jungpflanzen unmittelbar über der Bodenoberfläche

Bei 15 fünf Monate alten getopften Jungpflanzen, die in einem ungeheizten Gewächshaus gehalten wurden, wurden mit einem Skalpell alle oberirdischen Teile direkt oberhalb des Wurzelhalses abgeschnitten und entfernt. Die weitere Entwicklung dieser Pflanzen wurde beobachtet.

3.2.2. Fragmentierung der Wurzel

Die Wurzeln von vier ausgewachsenen Pflanzen wurden ausgegraben und in jeweils vier etwa gleichgroße Stücke zerteilt, so dass jeweils ein Wurzelstück mit Vegetationspunkt und drei ohne Vegetationspunkt entstanden sind. Diese wurden anschließend in gedämpfte Aussaaterde gepflanzt, leicht feucht gehalten und im Klimaraum bei 26°C weiterkultiviert. Die vier Teilstücke mit Vegetationspunkt wurden so gepflanzt, dass die Knospe direkt an der Erdoberfläche lag. Die restlichen Wurzelstücke wurden senkrecht entsprechend ihrer natürlichen Orientierung in die Erde gesteckt und 1 cm hoch mit Erde bedeckt.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Keimung

Die Keimungsraten von *Eryngium campestre* erreichen im Temperaturbereich zwischen 10 °C und 20 °C jeweils etwa 60 %. Bei höheren Temperaturen nimmt die Keimungsrate rasch ab: bei 26 °C beträgt sie noch 28 %, während sie bei 30 °C nur noch 4 % erreicht. Bei 6 °C konnte keine Keimung festgestellt werden (vgl. Abb. 2). Für den jeweils 41. Versuchstag der einzelnen Ansätze wurde die Anzahl der Keimlinge pro Schale ermittelt und die Verteilung in Form von Boxplots graphisch dargestellt (Abb. 3).

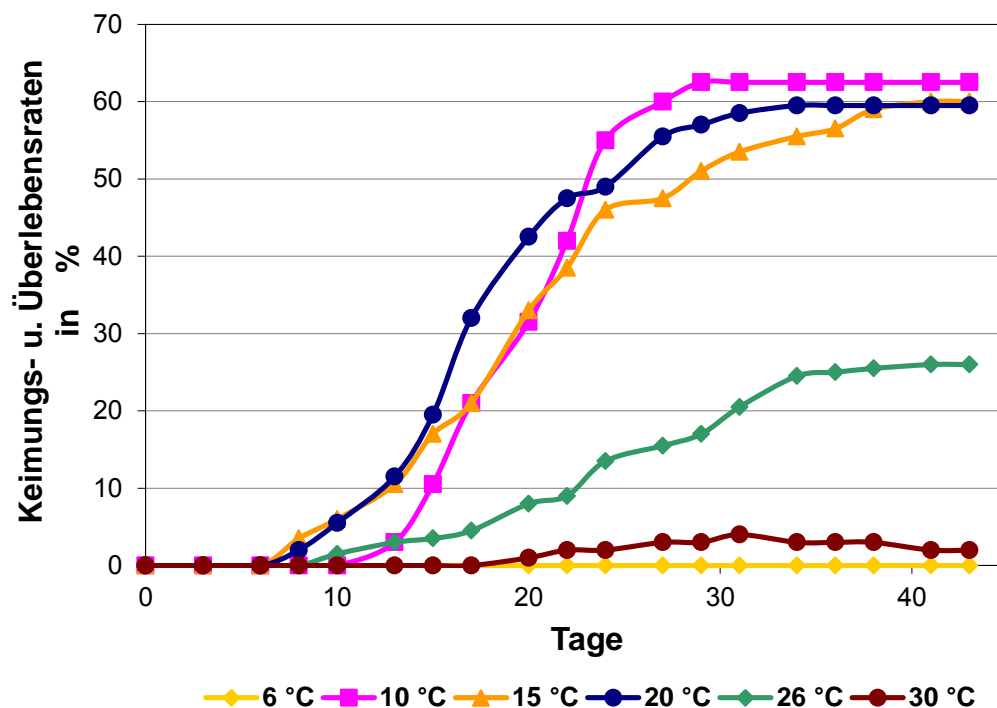


Abb. 2: Keimung von *Eryngium campestre* bei unterschiedlichen Temperaturen.

Nach Literaturangaben ist *Eryngium campestre* ein Licht- und Frostkeimer (z. B. DÜLL & KUTZELNIGG 2005). Bylebyl (2007) fand, dass die Keimung von *Eryngium campestre* im Dunkeln signifikant reduziert wurde. Für eine erfolgreiche Keimung waren nach ihren Untersuchungen weder Stratifikation noch fluktuierende Temperaturen erforderlich. Unsere Keimversuche (ohne Stratifizierung!) bei unterschiedlichen Temperaturen zeigten, dass das Keimungsoptimum dieser Art bei Temperaturen zwischen 10 °C und 20 °C liegt. In diesem Temperaturbereich keimten jeweils ca. 60 % Prozent der Früchte. Die drei Ansätze bei 10 °C, 15 °C und 20 °C zeigten keine signifikanten Unterschiede zueinander ($P = 0,869$),

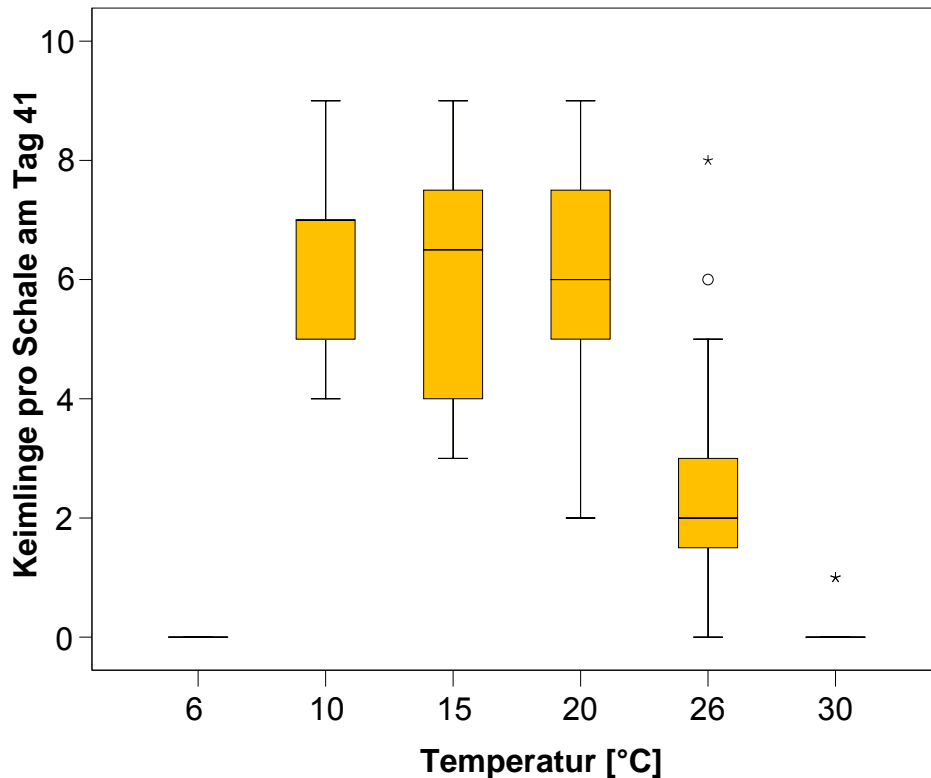


Abb. 3: Boxplot-Diagramme der Keimversuche.

wohingegen die Unterschiede zu den übrigen Ansätzen höchst signifikant waren ($P = 0,000$). Bei Temperaturen unter 10 °C keimten die Früchte von *Eryngium campestre* nicht mehr. Bei höheren Temperaturen wurde die Keimung ebenfalls stark gehemmt: Schon bei einer Temperatur von 26 °C war ein Rückgang der Keimungsrate um mehr als 50 % zu beobachten. Bei noch höheren Temperaturen keimte *Eryngium campestre* nur noch zu einem sehr geringen Prozentsatz (Abb. 2). Mit dem Keimungsoptimum zwischen 10 °C und 20 °C weisen die Samen von *Eryngium campestre* eine relativ kleine Keimspanne auf. Bodentemperaturen zwischen 10 °C und 20 °C treten über einen ausreichend langen Zeitraum im größten Teil des Verbreitungsgebietes der Art nur in kurzen Zeiträumen im Frühjahr und Herbst auf. *Eryngium campestre* ist also ein Frühjahrs- und/oder Herbstkeimer. Für die Möglichkeit der Keimung im Herbst spricht die Tatsache, dass Jungpflanzen, die aus selbst gesammelten Samenmaterial im Herbst 2004 angezogen wurden, den darauf folgenden Winter problemlos in einem unbeheizten Gewächshaus ohne weiteren Schutz überstanden haben. Diese Herbstaussaat zeigte auch, dass eine Stratifizierung der Samen für die Keimung nicht notwendig.

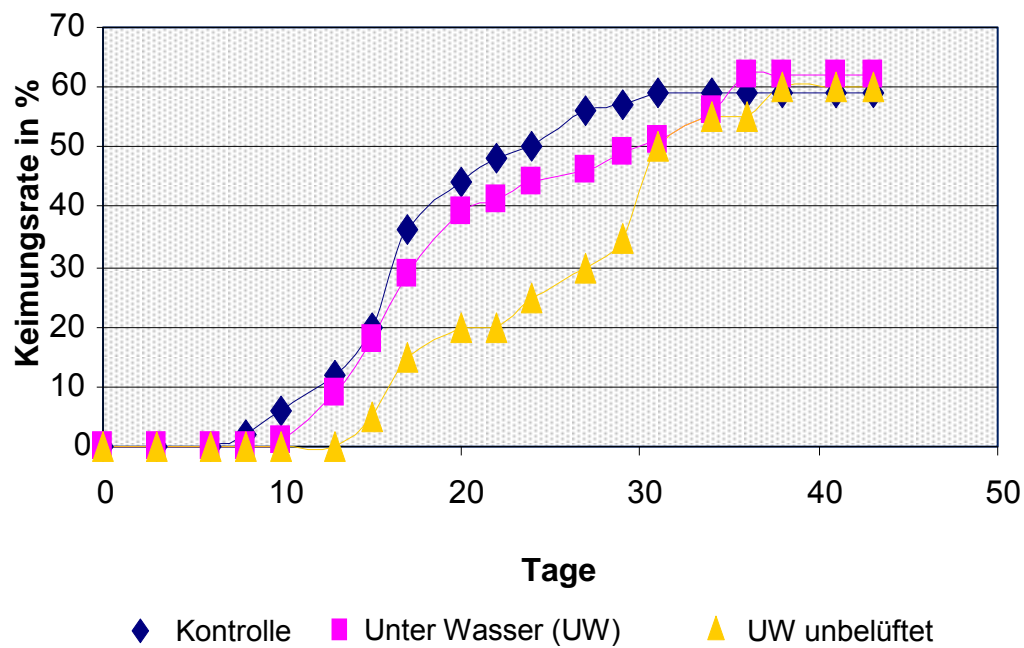


Abb. 4: Keimung unter Wasser (belüftet und unbelüftet).



Abb. 5: Nach Ausgießen auf Anzuchterde etablierte Keimlinge aus den Unterwasser-
versuchen.

Sowohl bei Keimung unter Wasser („UW“) mit Belüftung als auch in unbelüfteten Erlenmeyerkolben („UW unbelüftet“) erfolgte die Keimung zu 62 % bzw. 60 %. Im Kontrollversuch wurden 59 % erreicht, wobei die Keimung auf Filtrierpapier deutlich früher begann als unter Wasser (Abb. 4). Der Wert für den Median der beiden Ansätze „UW“ und „Kontrolle“ liegt bei den Boxplots für den 41. Tag jeweils bei sechs. Von 20 Keimlingen, deren Anlandung an einem Flußufer simuliert wurde, konnten sich immerhin 12 (60 %) etablieren (vgl. Abb. 5).

Für einen Trockenheitszeiger wie *Eryngium campestre* (ELLENBERG et al. 1992) erscheint die Möglichkeit einer Keimung unter Wasser zunächst nur wenig wahrscheinlich, da sie ihm scheinbar keinen Vorteil bringt. Da aber auch andere Arten trockener Standorte in der Lage sind, unter Wasser zu keimen (BRANDES & EVERS 1999), und *Eryngium campestre* zumindest in Teilen seines Verbreitungsgebietes Stromtalpflanze ist (HEGI 1965, OBERDORFER 2001, SIEDENTOPF 2005a), wurde untersucht, ob die Art unter Wasser keimen kann. Die Keimungsrate liegt beim „Unterwasseransatz“ mit 62 % sogar etwas höher als die Keimungsrate des bei 20° C auf Filterpapier durchgeführten Kontrollansatzes. Bezüglich der Keimungsrate konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Ansätzen festgestellt werden.

So könnte die Art auch als Keimling durch Hochwasserereignisse entlang von Flussläufen ausgebreitet werden, sofern die Anlandung der Keimlinge an günstigen Standorten erfolgt. Dass die Art die Fähigkeit besitzt, im Wasser zu keimen und sich anschließend erfolgreich zu etablieren, könnte daran liegen, dass sie ursprünglich aus den Steppengebieten Südosteuropas stammt. Dies sind Gebiete, in denen es im Frühjahr nach der Schneeschmelze häufiger zu Überschwemmungen größerer Landstriche kommen kann. Die Keimfähigkeit im Wasser und insbesondere die Fähigkeit, sich nach dem Zurückziehen des Wassers erfolgreich auf dem noch feuchten Substrat zu etablieren, würde *Eryngium campestre* in solchen Gebieten einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten, die nicht dazu in der Lage sind, verschaffen. Außerdem könnte die Art auf diese Weise die für die Entwicklung von Keimlingen und Jungpflanzen dringend benötigte Feuchtigkeit optimal nutzen, wodurch die Jungpflanzen die Möglichkeit hätten, bis zum Sommer groß genug zu werden, um die in diesen Gebieten charakteristischen trockenheißen Phasen überstehen zu können.

4.1.2. Keimung unter Einfluss von Kochsalz

Die Angaben zur Salztoleranz von *Eryngium campestre* in der Literatur sind kontrovers: Von ELLENBERG et al. (1992) wurde die Art als nicht salzertragend eingestuft. In seiner Ausbreitung im atlantischen Bereich bevorzugt *Eryngium campestre* jedoch vielfach die Küsten als Standort (MEUSEL et al. 1978) und erinnert in seinem ökologischen Verhalten somit an *Eryngium maritimum*, das jedoch salzertragend ist. LANDOLT et al. (2010) stufen *Eryngium campestre* als salztolerant ein, MATEVSKI et al. (2008) führen die Art schließlich auch für Puccinellio-Salicornietea-Gesellschaften Makedoniens an. Aus diesen Gründen wurde der Einfluss von Kochsalz auf die Keimung von *Eryngium campestre* untersucht.

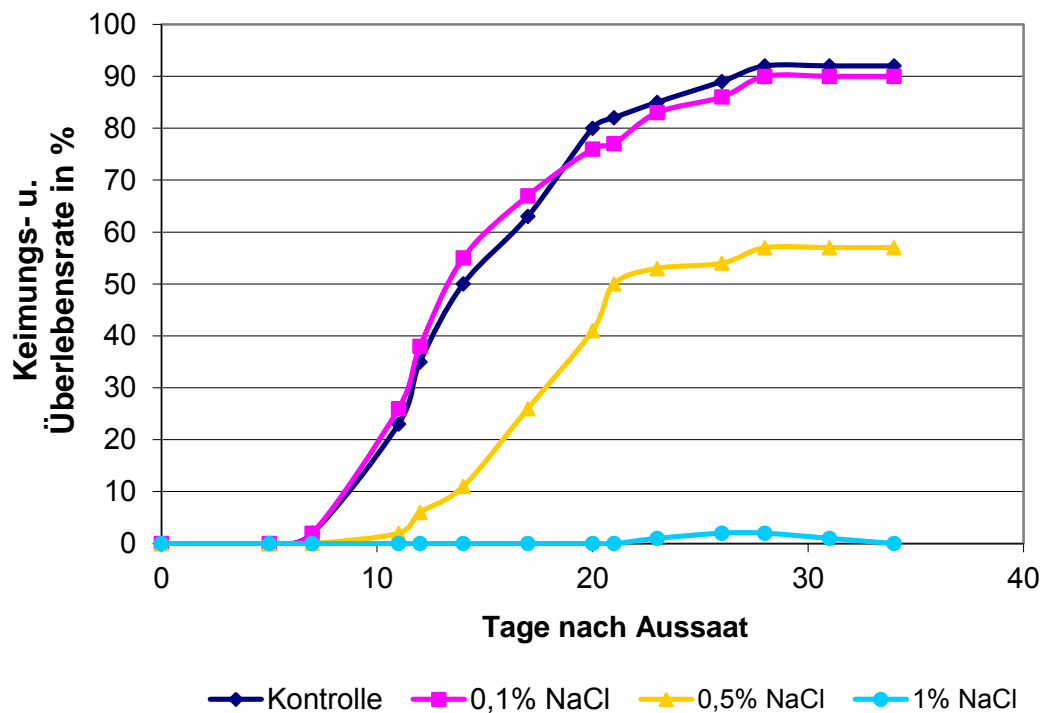


Abb. 6: Keimung unter Kochsalzeinfluss.

Sowohl der Ansatz mit 0,1 % NaCl als auch die Kontrolle erreichen Keimungsraten von jeweils etwa 90 %. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Kochsalz bereits bei Konzentrationen über 0,1 % einen negativen Einfluss auf die Keimung von Samen dieser Art hat. Mit ansteigender Kochsalzkonzentration sinkt die Keimungsrate rasch: während bei 0,5 % NaCl 57 % der Samen keimen, sind es bei 1,0 % NaCl nur noch 2 % (vgl. Abb. 6). Bei 1,0 % starben zudem alle Keimlinge bis zum Versuchsende ab. Für den 34. Tag wurde die Anzahl der Keimlinge pro Schale in Boxplot-Diagrammen dargestellt (Abb. 7). Am 36. Tag wurde nach Beendigung des Keimversuches bei jeweils 50 Keimlingen pro Ansatz die Länge der Keimblätter und die Länge der Wurzeln vermessen: Die Durchschnittslänge der Keimblätter betrug bei der Kontrolle 7 mm, bei 0,1% NaCl-Lösung 7,1 mm und bei 0,5 % NaCl-Lösung 4,6 mm (Abb.8). Die durchschnittliche Länge der Wurzeln lag bei der Kontrolle bei 40,7 mm, bei 0,1 % NaCl bei 39,0 mm und bei 0,5 % NaCl bei 7,7 mm (Abb.9). Die Verteilung der ermittelten Messwerte für die Keimblattlänge der einzelnen Ansätze ist in Abb. 10 in Form von Boxplots Der Unterschied des Kontrolle und des Ansatzes mit

0,1 % NaCl zu den anderen Ansätzen mit höherer Kochsalzkonzentration ist jedoch sowohl für die Keimungsrate, als auch für die Keimblattlänge und die Keimwurzellänge höchst signifikant ($P = 0,000$). Schon bei Salzkonzentrationen von mehr als 0,1 % ging die Keimungsrate der Diasporen zurück, bei einer Konzentration von 1 % NaCl lag sie sogar nahe 0 % (vgl. Abb. 7).

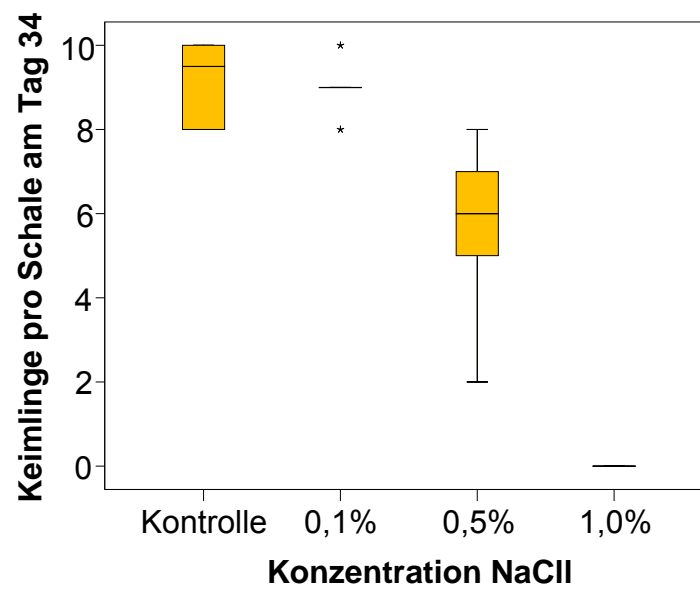


Abb. 7: Boxplot-Diagramme der Keimungsversuche unter NaCl-Einfluss.

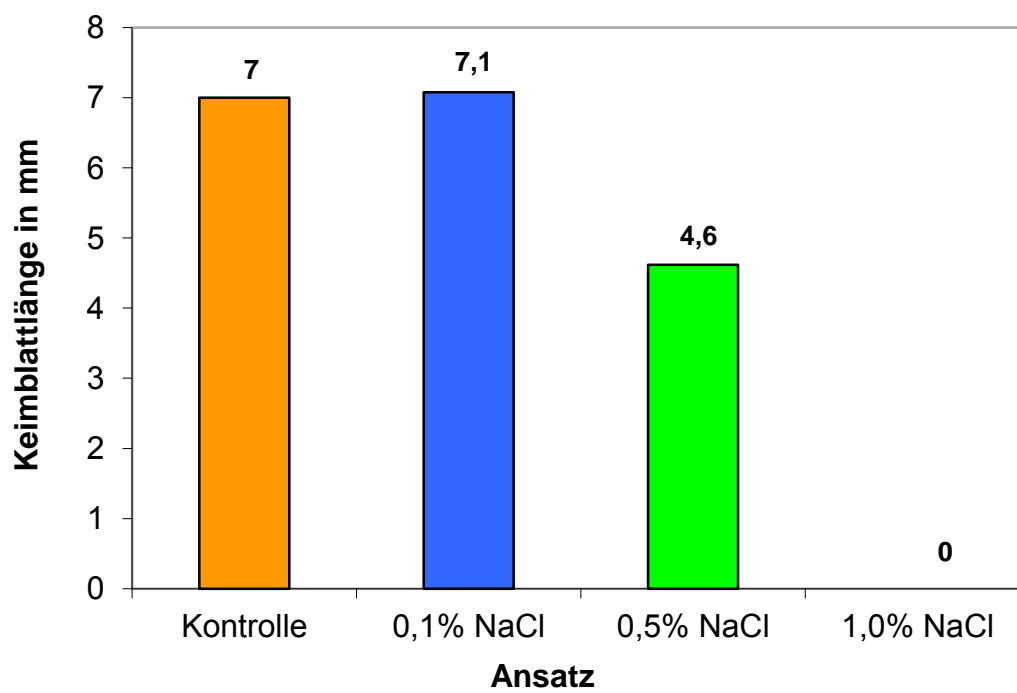


Abb. 8: Durchschnittliche Länge der Keimblätter am 36. Tag nach Aussaat.

Jesske, T. & D. Brandes (2012): Untersuchungen zur Keimung von *Eryngium campestre* L.

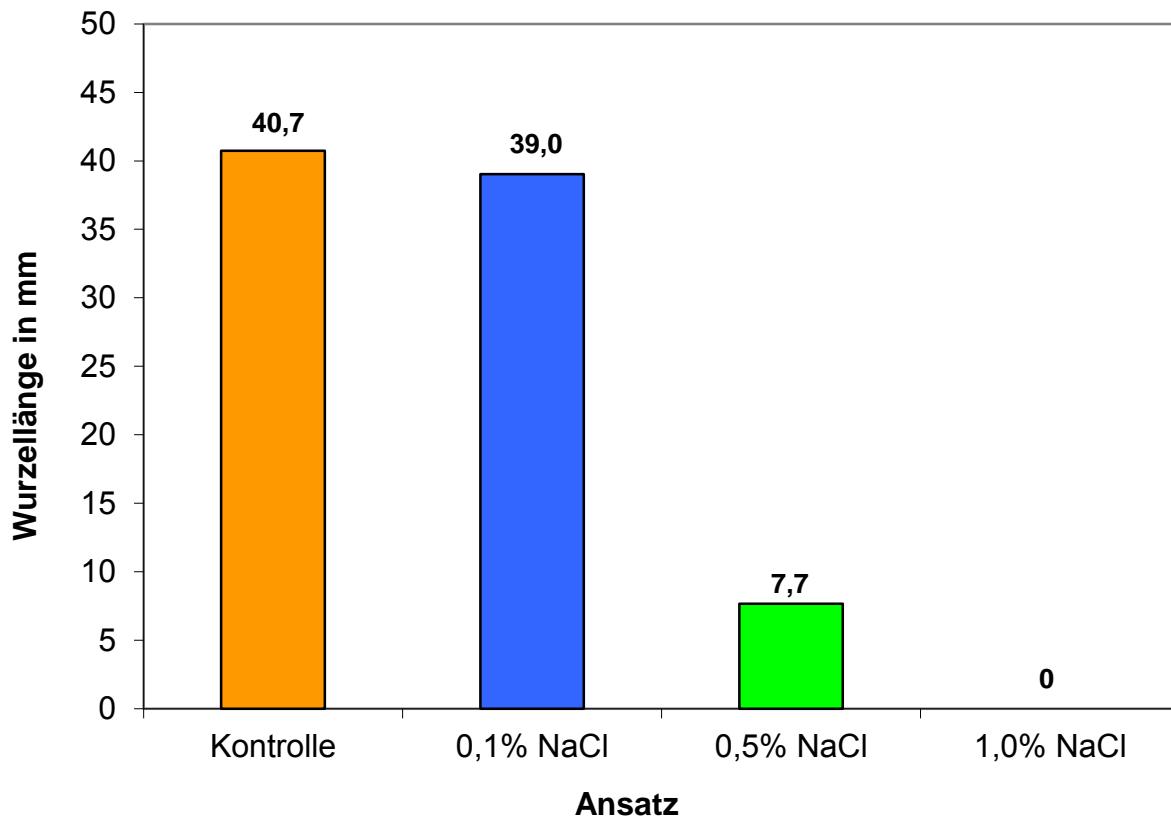


Abb. 9: Durchschnittliche Länge der Keimwurzeln am 36. Tag nach Aussaat.

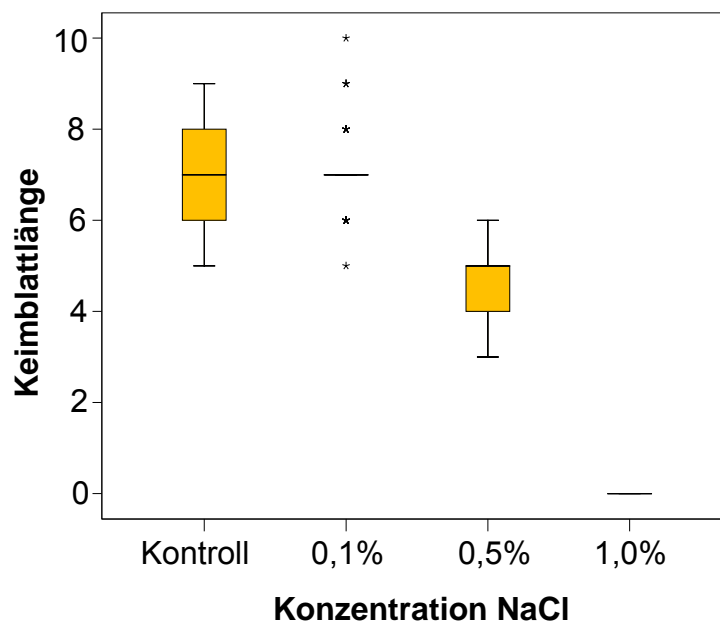


Abb. 10:: Vergleich der Keimblattlängen der NaCl-Ansätze am 36. Tag nach der Aussaat. Mit steigender NaCl-Konzentration ist ein Abfallen des Medians festzu-stellen. Die Kreise oberhalb der Ansätze mit 0,1 % und 0,5 % stellen Ausreißer dar.

Aus der Kontrolle sowie aus den Ansätzen mit 0,1 % NaCl und 0,5 % NaCl wurden jeweils 20 Keimlinge auf Erde überführt. Die Keimlinge aus der Kontrolle und aus dem Ansatz mit 0,1 % NaCl konnten sich alle etablieren. Die Keimlinge aus dem Ansatz mit 0,5 % NaCl starben innerhalb von 12 Tagen komplett ab.

Bei dem Versuch der Überführung der Keimlinge auf Anzuchterde zeigte sich, dass die Keimlinge aus dem Ansatz mit 0,5 % NaCl anscheinend letal geschädigt waren, da sie innerhalb von zwölf Tagen abstarben. Die Keimlinge aus der Kontrolle und dem Ansatz mit 0,1 % NaCl konnten sich hingegen gut auf dem Substrat etablieren. Die Schädigung der Keimlinge bei einer Konzentration von 0,5 % NaCl zeigte sich außerdem bei der Keimblatt- und Wurzellänge der Keimlinge. Die Keimblattlänge war hier fast 2,5 mm kürzer als die der Keimlinge aus dem Kontrollansatz und dem Ansatz mit 0,1 % NaCl. Ein noch extremerer Unterschied konnte bei der Wurzellänge festgestellt werden. Sie lag bei durchschnittlich 7,66 mm und war damit um ca. 33 mm kürzer als die des Kontrollansatzes. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen deutlich, dass *Eryngium campestre* nur sehr geringe Kochsalzkonzentrationen im Boden verträgt. Es ist jedoch möglich, dass *Eryngium campestre* in bestimmten Regionen seines Areals, z.B. entlang der französischen Atlantikküste, einem Gebiet in dem die Art unter anderem in Küstendünen vorkommt (vgl. z. B. WATTEZ 1982), Ökotypen ausgebildet haben könnte, die schwach salztolerant sind.

4.1.3. Keimung unter Einfluss von Kaliumnitrat

Eryngium campestre wird als Zeiger für nährstoffarme Standorte eingestuft (ELLENBERG et al. (1992): N = 3; LANDOLT et al. (2010): N = 2). Da die Art zudem in vielen Bundesländern auf den Roten Listen steht, ihre Gefährdung möglicherweise auch im Zusammenhang mit Nährstoffeintrag stehen könnte, wurde ihr Verhalten gegenüber Nitrat untersucht. Dabei konnte von uns gezeigt werden, dass Kaliumnitrat Keimung und Keimlingsentwicklung von *Eryngium campestre* deutlich negativ beeinflusst. Schon bei KNO_3 -Konzentrationen von 0,03 M, was der empfohlenen wöchentlichen Nitratgaben für Zierpflanzen auf den Dosierungsanleitungen handelsüblicher Pflanzendünger entspricht, zeigt sich ein Absinken der Keimungsrate von etwa 10 % gegenüber den Keimungsraten in den Kontrollansätzen (ca. 90 %) und den Ansätzen mit 0,01 M KNO_3 (ca. 89 %). Dies stellt einen signifikanten Unterschied ($P = 0,037$) zu den erstgenannten Ansätzen dar. Die Unterschiede zwischen den Kontrollansätzen und den Ansätzen mit 0,01 M KNO_3 sind hingegen nicht signifikant ($P = 0,915$). Bei noch höheren Kaliumnitratkonzentrationen liegen die erreichten Keimungsraten weit unter denen des Kontrollansatzes. Bei einer Konzentration von 0,05 M liegt die Keimungsrate bereits ca. 20 % niedriger als im Kontrollansatz. Bei 0,07 M liegt sie ca. 40 % und bei 0,1 M sogar je nach Ansatz zwischen ca. 66 % und fast 80 % niedriger als bei der Kontrolle. Bei den Ansätzen mit mehr als 0,05 M KNO_3 ist außerdem ein deutliches Absinken der Überlebensrate der Keimlinge nach Überschreiten des Maximums der Keimungsrate bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes festzustellen (Abb. 11 u. 12).

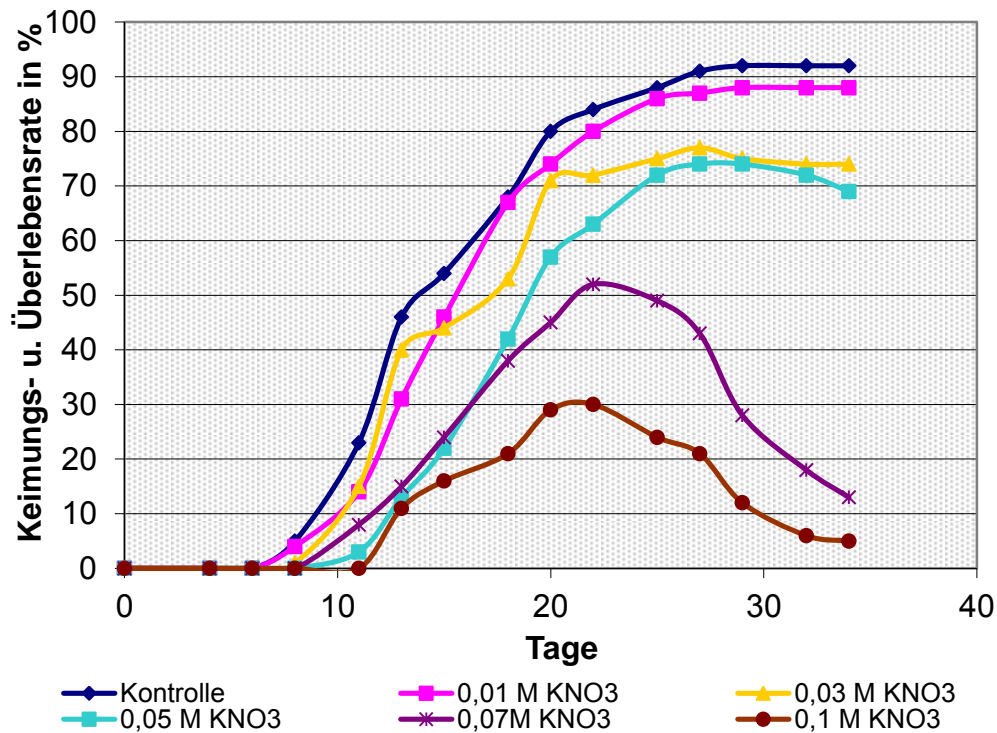
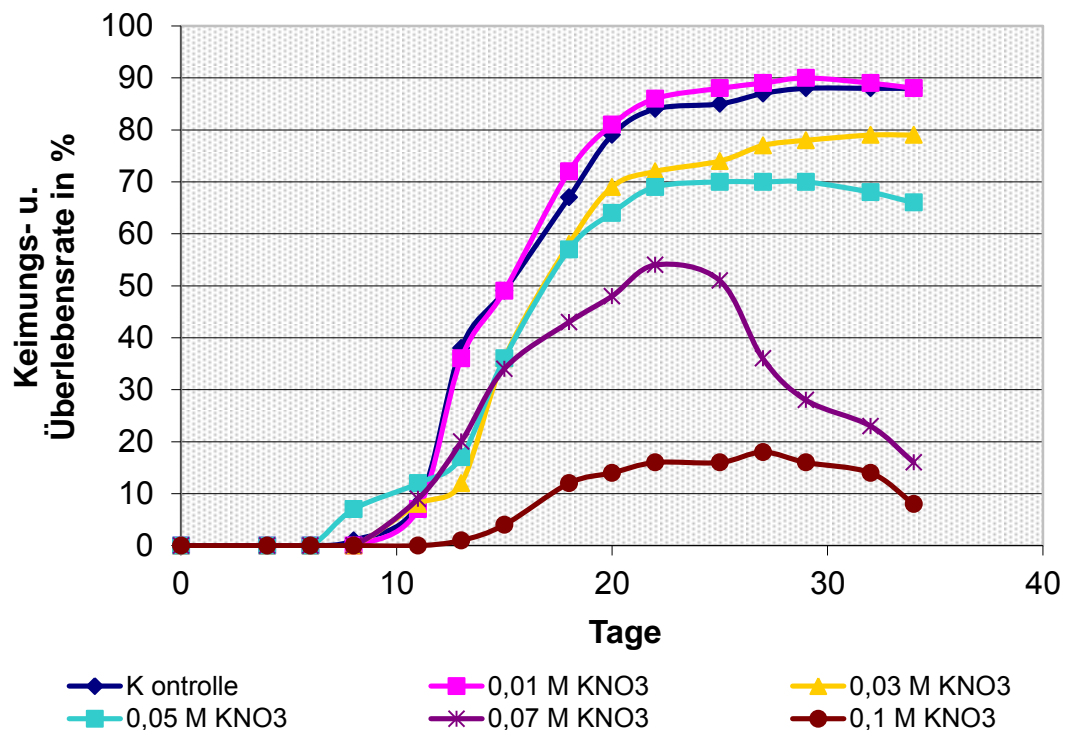


Abb. 11 und 12: Keimung unter KNO_3 -Einfluss (A-Ansätze oben, B-Ansätze unten).



Die Keimung von *Eryngium campestre* erreicht sowohl unter Einfluss von 0,01 M Kaliumnitratlösung als auch bei den Kontrollansätzen etwa 90 %, wobei die meisten Keimlinge während des Versuchszeitraums überlebten. Für den 34. Tag wurde die Anzahl der Keimlinge pro Schale mittels Boxplots graphisch dargestellt (Abb. 13).

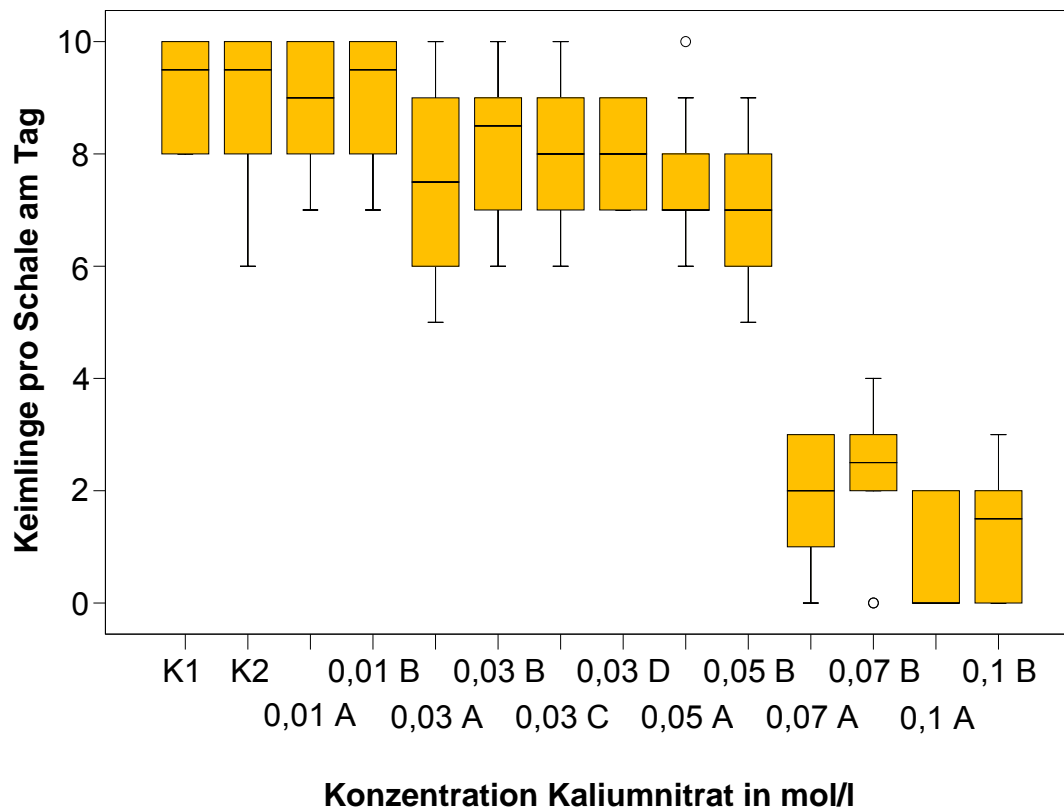


Abb. 13: Vergleich aller Ansätze mit KNO₃-Lösung für 34. Versuchstag (K1 und K2: Kontrollansätze mit Wasser).

Nach Beendigung des Keimversuches wurden 25 Keimlinge aus der „Kontrolle A“ in 0,1 M KNO₃-Lösung überführt. Innerhalb von 16 Tagen starben alle Keimlinge ab (Abb.14). Die durchschnittliche Keimblattlänge betrug nach 34 Tagen bei den Keimlingen aus dem Kontrollansatz 7 mm, bei dem Ansatz mit 0,01 M KNO₃ 10,1 mm, mit 0,03 M KNO₃ 7,8 mm, mit 0,05 M KNO₃ 5,2 mm, mit 0,07 M KNO₃ 3,8 mm und bei dem Ansatz mit 0,1 M KNO₃ 3,2 mm (Abb. 4.16 u. 4.17).

Auch hier gilt, je höher die KNO₃-Konzentration ist, desto geringer ist die Überlebensrate der Keimlinge. Dies bestätigte sich auch bei dem Versuch, die Keimlinge nach Beendigung der Keimversuche auf Erde zu überführen. Während die Keimlinge aus den Kontrollen und den Ansätzen mit 0,01 M KNO₃ keine Probleme hatten, sich zu etablieren, schafften es bei 0,03 M nur noch acht von zwanzig Individuen (40 %). Keimlinge aus Ansätzen mit höherer Nitratkonzentration waren nicht mehr in der Lage, sich auf Erde zu etablieren. Um zu überprüfen, ob die negative Wirkung von KNO₃ sich vor allem auf die Keimung bezieht, oder auch auf die spätere Entwicklung der Jungpflanzen Auswirkungen hat, wurden 25 Keimlinge aus einem Kontrollansatz auf Petrischalen mit 0,1 M Nitratlösung getränktem Filterpapier überführt. Auch diese Keimlinge starben innerhalb von 16 Tagen komplett ab (Abb. 14) und

belegen somit eindeutig die negative Wirkung von Nitrat auf die Keimlinge von *Eryngium campestre*.

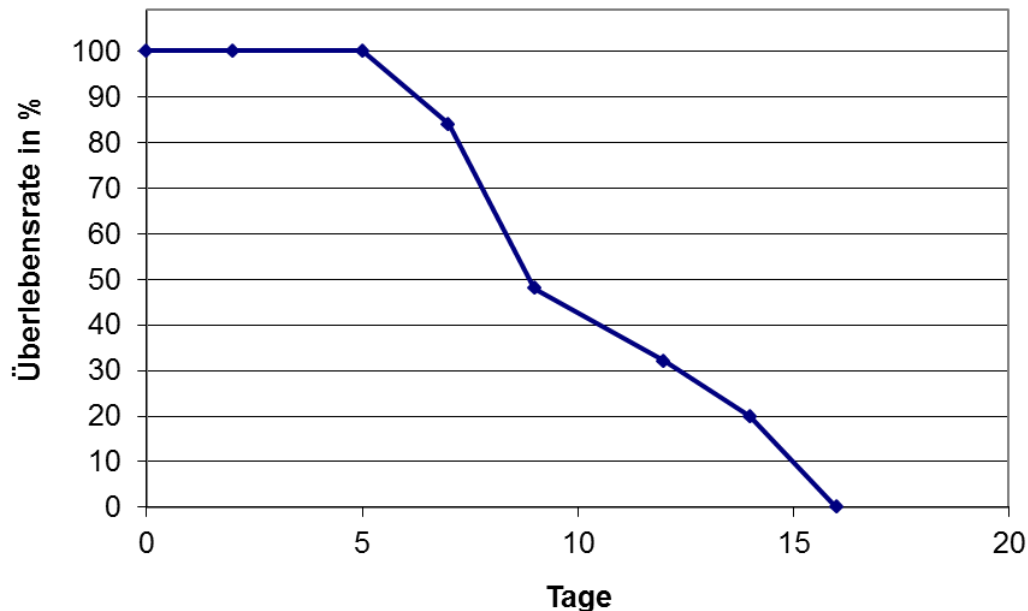


Abb. 14: Überlebensrate von in Wasser angezogenen Keimlingen, die in 0,1 M KNO_3 -Lösung überführt wurden.

Um einen rein osmotischen Effekt auszuschließen, wurden die osmotischen Werte der verwendeten Kaliumnitratlösungen und der in vorherigen Versuchen verwendeten Kochsalzlösungen ermittelt und diejenigen Ansätze der beiden Versuchsreihen, die ähnliche osmotische Werte aufwiesen, miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass die letale Wirkung von KNO_3 auf Keimlinge von *Eryngium campestre* nicht rein osmotisch bedingt sein kann. So erreichte die Keimungsrate in dem Versuchsansatz mit 0,1 % NaCl (entspricht 0,08 M NaCl), der einen osmotischen Wert von 0,172 osmol/kg H_2O aufwies, auf fast 60 % und die Überlebensrate der Keimlinge blieb bis zum Versuchsende konstant. Bei dem 0,1 M KNO_3 -Ansatz hingegen, der mit 0,184 osmol/kg H_2O einen vergleichbaren osmotischen Wert aufwies, stieg die Keimungsrate nur halb so hoch und die Überlebensrate der Keimlinge fiel bis zum Versuchsende stark ab. Sogar die Keimungsrate des 0,07 M KNO_3 -Ansatzes, der mit 0,133 osmol/kg H_2O einen deutlich geringeren osmotischen Wert aufwies, blieb deutlich unter der des NaCl-Ansatzes, außerdem fiel auch hier die Überlebensrate nach Erreichen des Maximums der Keimungsrate stark ab. Damit können rein osmotische Gründe für die geringe Keimungsrate bei den Keimversuchen mit höheren KNO_3 -Konzentrationen ausgeschlossen werden.

Auch das Wachstum der Keimblätter wird nur bei sehr geringen Nitratkonzentrationen gefördert. So wiesen die Keimlinge bei einer Kaliumnitratkonzentration von 0,01 M die längsten Keimblätter auf (Abb. 15). Bereits bei dem 0,03 M KNO_3 -Ansatz war aber keine signifikante Förderung im Vergleich zu den Keimlingen aus dem Kontrollansatz mehr festzustellen. Je höher die eingesetzte Kaliumnitratkonzentration war, desto kleiner waren die Keimblätter. Bei der Untersuchung der Keimwurzellänge zeigte sich eine ähnliche

Tendenz: Bereits bei 0,01 M KNO_3 ging die durchschnittliche Wurzellänge deutlich zurück. Da die Wurzeln hier aber keine optisch erkennbare Schädigung zeigten, vermuten wir, dass die Pflanzen auf das etwas höhere Nährstoffangebot mit einer Reduktion des Wurzelwachs-

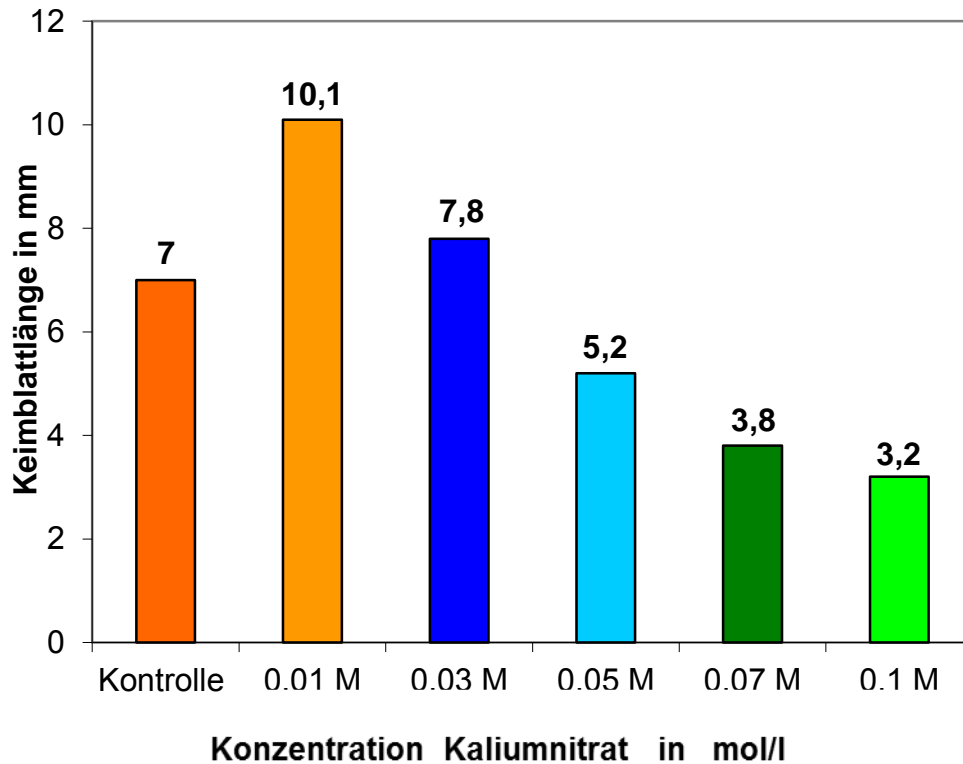


Abb. 15: Durchschnittliche Keimblattlänge am 36. Tag nach der Aussaat.

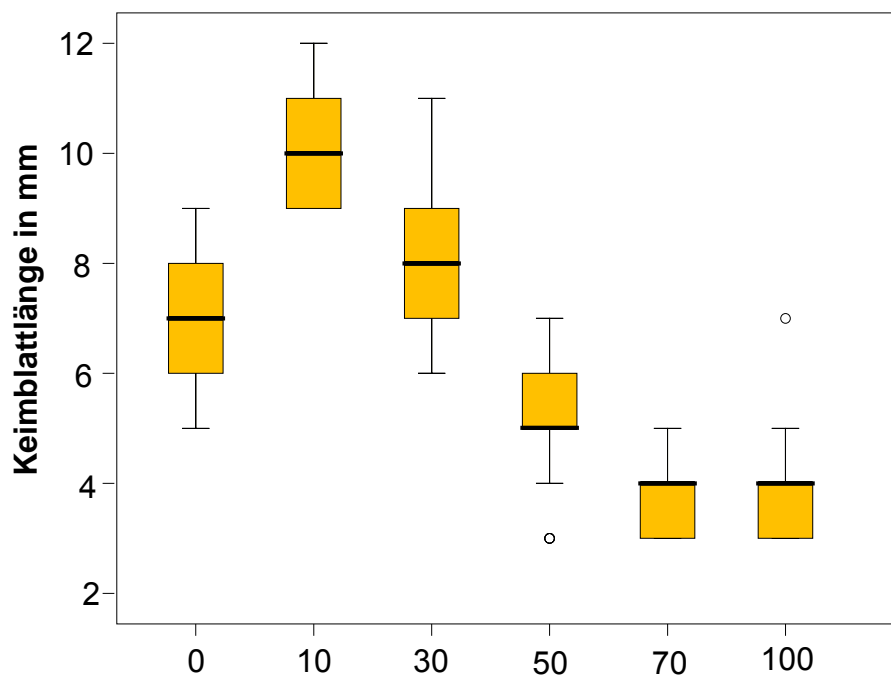


Abb. 16: Vergleich der Keimblattlänge der Keimlinge aus den einzelnen KNO_3 -Ansätzen am 34. Versuchstag (Konzentration Kaliumnitrat in mmol/l)..

Jesske, T. & D. Brandes (2012): Untersuchungen zur Keimung von *Eryngium campestre* L.

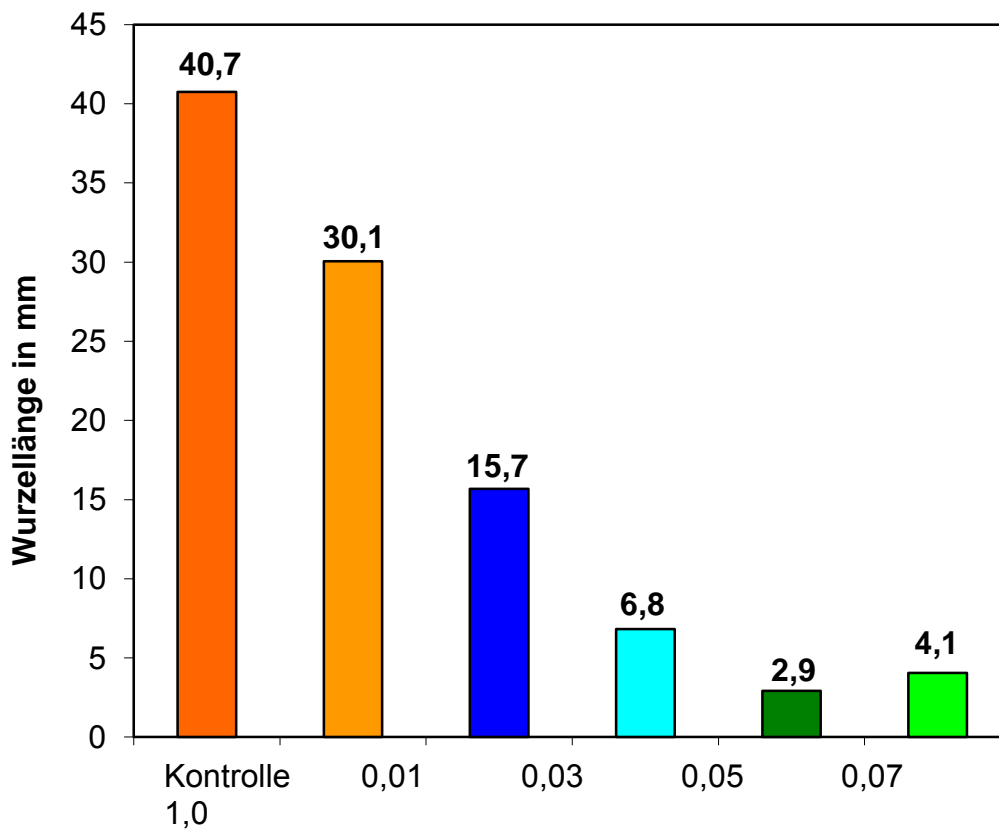


Abb. 17: Durchschnittliche Wurzellänge am 36. Tag nach der Aussaat.

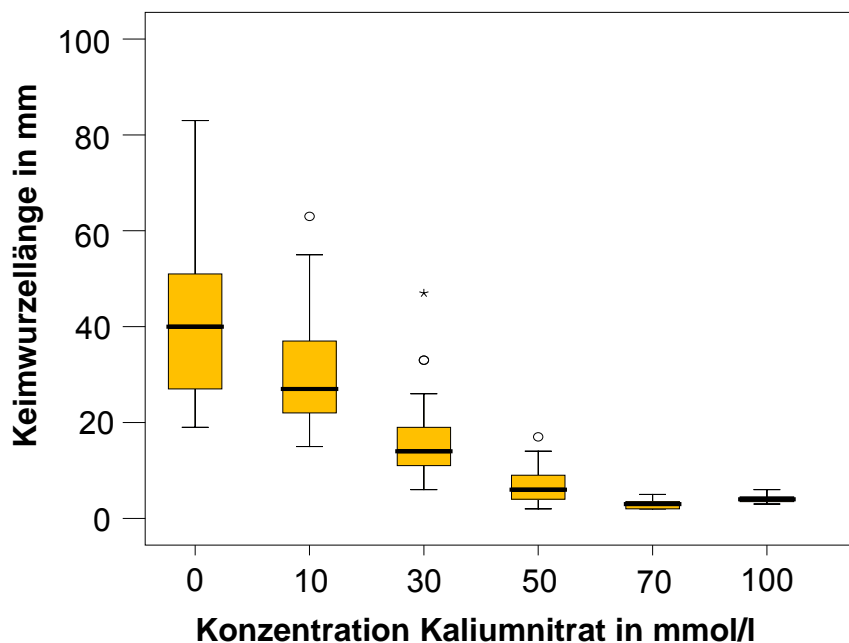


Abb. 18: Vergleich der Keimwurzellänge der einzelnen Ansätze am 36. Versuchstag.

tums reagierten, weil die Nährstoffe leichter in ausreichender Menge aufgenommen werden konnten. Bei höheren Nitratkonzentrationen ging die durchschnittliche Wurzellänge noch weiter zurück, allerdings zeigten sich hier optisch erkennbare Schädigungen der Wurzeln,

insbesondere der Wurzelspitzen. Unsere Ergebnisse zeigen also, dass die Art durch luftbürtigen Stickstoffeintrag oder durch Düngereintrag gefährdet ist. Dies konnte außerdem durch einen Düngungsversuch von Jungpflanzen mit Kaliumnitrat bestätigt werden: Bei regelmäßiger Düngung mit einer 0,03 M KNO_3 -Lösung oder einer höher konzentrierten KNO_3 -Lösung stellte sich schnell eine größtenteils sogar letale Schädigung der Jungpflanzen von *Eryngium campestre* ein (Abb. 19).

Die durchschnittliche Länge der Keimwurzeln war im Kontrollansatz mit 40,7 mm am größten, in dem Ansatz mit 0,01 M KNO_3 30,1 mm, in dem Ansatz mit 0,03 M KNO_3 15,7 mm und bei dem Ansatz mit 0,05 M KNO_3 6,8 mm. Für den Ansatz mit 0,07 M KNO_3 betrug die durchschnittliche Wurzellänge 2,9 mm, bei dem Ansatz mit 1,0 M KNO_3 4,1 mm (Abb. 17 u. 18). Nach Beendigung der Keimversuche wurden, wenn möglich, jeweils 20 Keimlinge pro KNO_3 -Konzentration in Erde überführt. Von den Keimlingen aus dem Ansatz mit 0,01 M KNO_3 konnten sich 19 etablieren und aus dem Ansatz mit 0,03 M KNO_3 konnten sich acht etablieren. Die Keimlinge aus den Ansätzen mit 0,05 M KNO_3 , 0,07 M KNO_3 und 0,1 M KNO_3 starben innerhalb von vier Tagen komplett ab.

Auch Düngungsversuche zeigen die Empfindlichkeit der Jungpflanzen von *Eryngium campestre* gegenüber Nitrat: beim Kontrollansatz überlebten 87,5 %, während bei 0,01 M Kaliumnitratlösung noch 75,0 % überlebten, waren es bei 0,03 M nur noch 25,0 %, bei Konzentrationen von 0,05 M, 0,07 M und 0,1 M starben sogar alle Pflanzen innerhalb des Versuchszeitraums ab (vgl. Abb. 19). Eine Förderung des Wachstums durch Nitrat ist daher auch bei Jungpflanzen nicht zu erkennen. Da die zur Verfügung stehenden Stichproben dieses Versuches jedoch einen zu geringen Umfang aufwiesen, musste auf eine statistische Auswertung der Daten verzichtet werden.

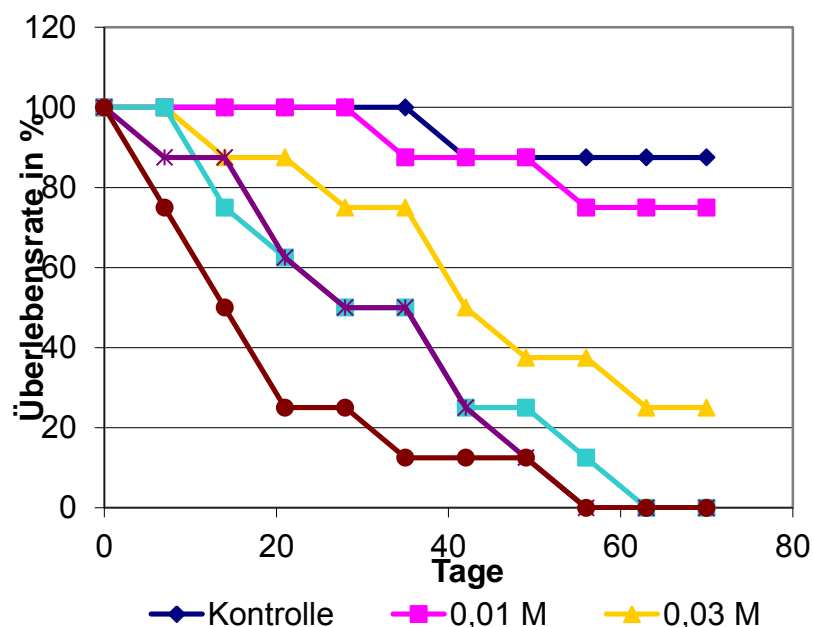


Abb. 19: Überlebensrate von Jungpflanzen von *Eryngium campestre*, die mit unterschiedlich konzentrierten KNO_3 -Lösungen gedüngt wurden.

4.1.4. Einsaat in eine intakte bzw. in eine gestörte Rasenmatrix

Im Gelände fiel uns auf, dass *Eryngium campestre* meist eine (sub)ruderale Tendenz zeigt und an Weg-, Parkplatz- und Straßenrändern, oder auf gestörten bzw. offenen flachgründigen Stellen in Trockenrasen zu finden ist. Dies deutet darauf hin, dass die Art offene Stellen benötigt, um sich erfolgreich etablieren zu können. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden jeweils 100 Früchte von *Eryngium campestre* in eine intakte sowie in eine gestörte Rasenmatrix eingesät. Nach 8 Wochen konnten in der intakten Rasenmatrix sechs Keimlinge (Keimungsrate 6 %) beobachtet werden. In der gestörten Matrix wurden am Ende des Versuchszeitraumes dagegen 54 Keimlinge vorgefunden, was einer Keimungsrate von immerhin 54 % entspricht (Abb. 20). Der letztere Wert liegt nur 6 % unter dem des auf Filterpapier bei 15 °C durchgeführten Keimversuches (Abb. 2), der ansonsten unter gleichen Bedingungen durchgeführt wurde. Da die für diese beiden Versuche verwendeten Diasporen aus der gleichen Charge stammen, sind beide Versuche gut miteinander vergleichbar. Die Ähnlichkeit der beiden Ansätze zueinander wurde mit dem U-Test nach MANN und WHITNEY überprüft, der erhaltene Signifikanzwert lag bei $P = 0,000$. Die erzielten Ergebnisse bestätigen somit die oben erläuterte Hypothese.

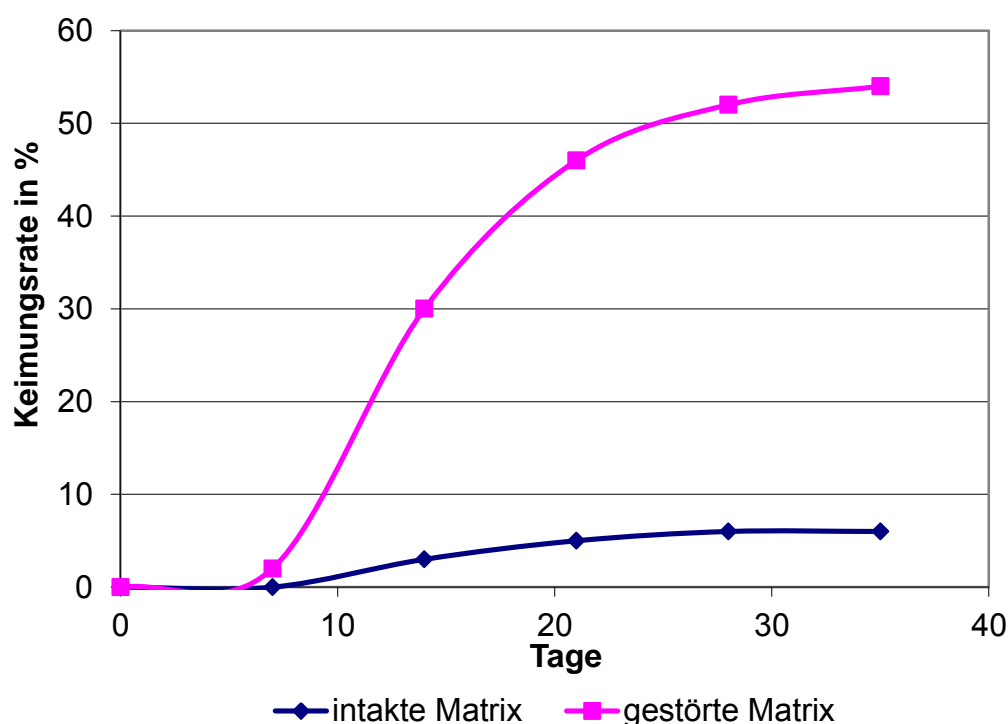


Abb. 20: Keimungsverlauf von *Eryngium campestre*-Früchten nach Einsaat in eine intakte bzw. gestörte Rasenmatrix.

4.1.5. Abschneiden von Jungpflanzen unmittelbar über dem Boden

Eryngium campestre stellt in Teilen seines Verbreitungsgebietes ein Weideunkraut dar (z. B. OBERDORFER 2002). Ausgewachsene Pflanzen sind stark bedornt und werden vom Weidevieh gemieden. Jungpflanzen der Art weisen diesen Schutz jedoch noch nicht auf und könnten somit möglicherweise vom Vieh gefressen werden. Die Art wächst in Deutschland außerdem vielfach entlang der Deiche von Elbe und Rhein, die zu Pflegezwecken ebenfalls beweidet oder aber in regelmäßigen Abständen gemäht werden, wodurch auch *Eryngium campestre* seine oberirdischen Organe verliert. Um zu klären, ob ein Abfressen oder Mähen die Jungpflanzen der Art letal schädigt, wurde dies durch Abschneiden von 15 Jungpflanzen unmittelbar über der Bodenoberfläche simuliert. Alle Pflanzen überlebten und bildeten nach 2 Wochen neue Blätter (Abb. 21), so dass zumindest ein einmaliger Verlust aller oberirdischen Organe überstanden wird.



Abb. 21: Links: Jungpflanze von *Eryngium campestre*, Mitte: Jungpflanze nach dem Abschneiden, in der Bildmitte ist die Schnittstelle am Vegetationspunkt zu erkennen. Rechts: Dieselbe Jungpflanze ca. sechs Wochen nach dem Abschneiden.

4.1.6. Fragmentierung der Wurzel

Bereits HEGI (1965) weist darauf hin, dass *Eryngium campestre* Ausbreitungstendenzen entlang von Straßen und Eisenbahnstrecken zeigt. Die Ausbreitung könnte durch rypochoren Transport erfolgen, weswegen wir überprüft haben, ob und wie die Art mit der Fragmentierung ihrer Wurzeln zurechtkommt. Die Wurzeln von vier adulten *Eryngium campestre*-Pflanzen wurden in jeweils vier Fragmente zerteilt, je eins mit dem Vegetationspunkt und drei ohne Vegetationspunkt. Anschließend wurden sie in Erde getopft. Die vier Wurzelfragmente mit Vegetationspunkt trieben innerhalb von zwei Wochen aus dem Vegetationspunkt neu aus. Drei Pflanzen zeigten bis zum Ende des dreimonatigen Beobachtungszeitraumes gutes Wachstum, an den Wurzelfragmenten hatten sich neue Wurzeln gebildet; eine Pflanze starb nach ca. 6 Wochen ab. Von den zwölf Wurzelfragmenten ohne Vegetationspunkt trieben sieben zwischen der fünften und achten Woche nach Versuchsbeginn aus, hatten also einen neuen Vegetationspunkt gebildet. Dieser befand sich jeweils knapp unterhalb des oberen Endes des Wurzelfragments. An drei der Wurzelstücke konnten sogar jeweils zwei neue Vegetationspunkte beobachtet werden. Alle sieben Pflanzen zeigten bis zum Versuchsende gutes Wachstum. Bei den fünf

verbleibenden Wurzelfragmenten konnte kein Wachstum festgestellt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass *Eryngium campestre* durchaus in der Lage ist, aus Fragmenten der Wurzel neue Individuen aufzubauen. Damit ist die Möglichkeit für eine Verschleppung mit Bodenaushub durchaus denkbar. Allerdings haben wir auch gefunden, dass 37,5 % der Wurzelfragmente abstarben.

5. Zusammenfassung

Die Keimung der Früchte von *Eryngium campestre* erfolgte ohne Stratifizierung je nach Herkunft der Früchte zwischen 60 % und 90 %. Früchte aus dem Botanischen Garten Göttingen (Herkunft: Wetterau) keimten in einem relativ engen Temperaturbereich von 10°C bis 20°C zu ca. 60 %. Bei Temperaturen unter 10°C keimten die Früchte nicht mehr, bereits bei 26°C verringerte sich die Keimungsrate um mehr als 50 %. Interessanterweise keimt *Eryngium campestre* auch unter Wasser zum selben Prozentsatz.

Unsere Versuche zeigten weiterhin, dass *Eryngium campestre* eine relativ hohe Empfindlichkeit gegenüber Kochsalz aufweist: während zwischen 0 % und 0,1 % kein signifikanter Unterschied besteht, sinkt die Keimungsrate bereits bei Konzentrationen über 0,1 %. Das Wachstum von Keimblättern und Keimwurzeln verlangsamt sich mit steigender Kochsalzkonzentration, ebenso sinkt die Lebensdauer der Keimlinge. Diese Befunde lassen höchstens eine Einstufung in die Salzzahl 1 zu.

Keimungs- und Düngungsversuche ließen eine große Empfindlichkeit gegenüber Nitrat erkennen: während bei 0,01 M KNO₃ noch eine geringfügige Förderung zu konstatieren war, zeigte sich bereits bei geringfügig höheren Konzentrationen eine Abnahme der Keimung sowie eine deutliche Schädigung der Keimlinge. Düngungsversuche bestätigten diese Befunde auch bei Jungpflanzen.

Im Gelände zeigt *Eryngium campestre* ein (sub)ruderales Verhalten, indem sich die Art in Vegetationslücken und an mäßig gestörten Stellen häuft. Wir konnten im Versuch belegen, dass die Keimungserfolge in einer gestörten Rasenmatrix wesentlich höher sind als in einer ungestörten. Weiterhin haben wir mechanische Störungen simuliert: Jungpflanzen überstehen zumindest eine Entfernung aller oberirdischen Organe, aus Bruchstücken der Wurzeln können sich neue Pflanzen regenerieren.

Dank

Wir danken den am Samenaustausch beteiligten Botanischen Gärten in Berlin-Dahlem, Caen, Coimbra, Dijon, Göttingen, Heidelberg, Salzburg, Trieste und Warschau für die Lieferung von Früchten.

Literatur

- BONN, S. & POSCHLOD, P. (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. – Quelle & Meyer, Wiesbaden: X, 404 S.
- Brandes, D. (2000): Dynamics of riparian vegetation: The example *Rumex stenophyllus* Ledeb. 9 p. – <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=0000113>

- BRANDES, D. & BELDE, M. (2006): Population dynamics and ecology of *Xanthium albinum*. – PDF, 21 S. – <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00016355>
- BRANDES, D. & EVERS, C. (1999): Keimung unter Wasser – eine Strategie nur von Gebirgsschwemmlingen. – Braunschw. Naturkundliche Schriften, 5: 947-953.
- BRANDES, D. & MÜLLER, M. (2004): *Artemisia annua* L. – ein erfolgreicher Neophyt in Mitteleuropa? – *Tuexenia*, 24: 339-358.
- BRANDES, D., SIEDENTOPF, Y. & EVERS, C. (2003): Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Stromtalpflanze *Leonurus marrubiastrum* L. – *Tuexenia*, 23: 347-365.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. – Springer, Wien: XIV, 865 S.
- BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (2002): Erweiterte Datenanalyse mit SPSS. – Westdt. Verl., Wiesbaden: 394 S.
- BYLEBYL, K. (2007): Central European dry grasslands: processes of their development and possibilities for their maintenance. – Cramer, Berlin: 142 S. (Dissertationes Botanicae, 406).
- DÜLL R. & KUTZELNIGG, H. (2005): Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands. 6. Aufl. – Quelle & Meyer, Wiebelheim: 577 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. – Goltze, Göttingen: 258 S. (Scripta Geobotanica, 18.)
- FRANK, D., & KLOTZ, S. (1990): Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. – 2., neu bearb. Aufl. – Martin-Luther-Univ., Halle: 167 S. (Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 32.)
- FROHNE, D. & JENSEN, U. (1998): Systematik des Pflanzenreichs unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen. 5., neu bearb. Aufl. – Wiss. Ver.-Ges., Stuttgart: 371 S.
- HAEUPLER, H. & MUER, T. (2007): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. 2., korr. u. erw. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 789 S.
- HEGI, G. (1965): Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. V, T. 2., 2. Aufl. – München: S. 679-1584.
- JESKE, T. (2006): Untersuchungen zur Ökologie und zur genetischen Variabilität von *Eryngium campestre*. – Unveröff. Dipl. Arb. TU Braunschweig. 93, XXII S.
- LANDOLT, E. et al. (2010): Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und Alpen. 2., völlig neu bearb. Aufl. – Haupt, Bern: 376 S.
- LEINS, P. & ERBAR, C. (2008): Blüte und Frucht. – Schweitzerbart, Stuttgart: XI, 412 S.
- MATEVSKI, V., ČARNI, A., KOSTADINOVSKI, M., KOŠIR, P., ŠILC, U. & ZELNIK, I. (2008): Flora and vegetation of the Macedonian Steppe. – Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana. 96 S..
- MEUSEL, H., JÄGER, E., RAUSCHERT, S. & WEINERT, E. (Hrsg.) (1978): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Bd.2, Textbd., Kartenbd. – Fischer, Jena: XI, 418 S., Kartenbd. S. 259-421.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 1051 S.
- REESE, G. (1969): Cytotaxonomische Untersuchungen an di- und tetraploiden Sippen von *Eryngium campestre* L. und einem Artbastard mit $2n = 15$. – Österr. Bot. Z. 117: 223-247.
- ROTHMALER, W. (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4. 10. Aufl. hrsg. v. E. J. Jäger & K. Werner. – Spektrum, München: 980 S.

Jesske, T. & D. Brandes (2012): Untersuchungen zur Keimung von *Eryngium campestre* L.

- ROTHMALER, W. (2008): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 5: Krautige Zier- und Nutzpflanzen. Hrsg. v. E. J. JÄGER, F. EBEL, P. HANELT & G. K. MÜLLER. – Spektrum, Berlin: 874 S.
- SIEDENTOPF, Y. (2005a): Checkliste der Stromtalpflanzen Deutschlands. – <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00001655>
- SIEDENTOPF, Y. (2005b): Vegetationsökologie von Stromtalpflanzengesellschaften (Senecionion fluviatilis) an der Elbe. – Diss. TU Braunschweig. - <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00001776>
- SIEDENTOPF, Y. & BRANDES, D. (2001): *Cucubalus baccifer* L. 1753 als Stromtalpflanze an der mittleren Elbe. Braunschweiger Naturkundliche Schriften, 6: 485-500.
- TÖRÖK, P., MATUS, G., PAPP, M. & TÓTHMÉRÉSZ, B. (2009): Seed bank and vegetation development of sandy grasslands after goose breeding. - *Folia Geobotanica*, 44: 31-46.
- WATTEZ, J. R. (1982): Comportement phytosociologique et écologique du panicaut champetre (*Eryngium campestre* L.) dans le nord de la France. – Documents phytosociologiques N. S., 7: 223-266.
- WEBERLING, F. (1981): Morphologie der Blüten und Blütenstände. – Ulmer, Stuttgart: 391 S.

Sonstige Internetquellen:

Bundesartenschutzverordnung v. 16. Februar 2005:

www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bartschv_2005/gesamt.pdf (vidi 24.12.2011)

Anschrift der Autoren:

Dr. Tobias Jesske
Prof. Dietmar Brandes
Institut für Pflanzenbiologie der TU Braunschweig
38106 Braunschweig

tobias.jesske@web.de
d.brandes@tu-bs.de